

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ И ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ КОЖУХОТРУБНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА

Коротун С. Р., магистрант; Яремко И. Н. доц., к.т.н., доц.

(ГОУ ВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Актуальность. Из множества математических методов моделирования объектов управления для реализации эффективного управления наибольший интерес представляют теоретические методы, которые базируются на математических описаниях механизмов протекают процессов. Такие модели владеют хорошими прогностическими возможностями в широких диапазонах изменения свойств объектов и режимных параметров технологических процессов [1].

Цель - повышение качества регулирования температуры технологического потока на выходе теплообменников за счет разработки системы автоматического управления кожухотрубного теплообменника, обеспечивающая поддержание требуемого теплового режима при действии возмущающих воздействий.

Принципы получения математического описания тепловых процессов в теплообменниках.

Математическое описание тепловых процессов в теплообменных аппаратах удобно записывать в виде выражений, которые характеризует изменение температуры в потоке теплоносителя во времени, обусловленное, во-первых, движением потока и, во-вторых, теплопередачей [1, 2].

1. Теплообменник типа «перемешивание-перемешивание» (см. рис. 1). Математическая модель такого теплообменника является системой двух уравнений, записанных для первичного и вторичного теплоносителей:

$$\begin{aligned} V_1 c_{1T} \frac{dT_1}{dt} &= \nu_1 c_{1T} (T_{1H} - T_1) - FK_T (T_1 - T_2), \\ V_2 c_{2T} \frac{dT_2}{dt} &= \nu_2 c_{2T} (T_{2H} - T_1) - FK_T (T_1 - T_2), \end{aligned} \quad (1)$$

где, при этом T_1 и T_2 имеют постоянные значения в каждой точке объемов идеального перемешивания соответственно V_1 и V_2 : T_{1H} , T_{2H} – начальные температуры первичного и вторичного теплоносителей; T_{1K} и T_{2K} – конечные температуры первичного и вторичного теплоносителей.

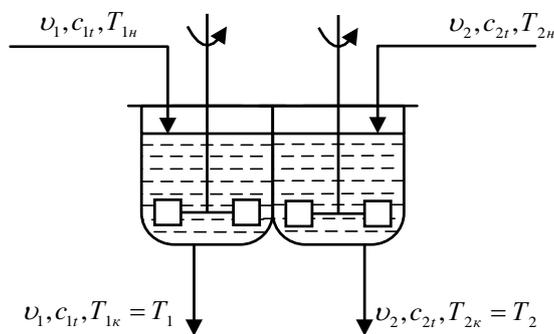


Рисунок 1 – Схематическое изображение теплообменника
типа «перемешивание-перемешивание»

Величина $Fk_T(T_1 - T_2)$ имеет знак «минус» в уравнении описания потока теплоносителя, который отдает тепло, и знак «плюс», если тепло воспринимается теплоносителем.

2. Теплообменник типа «перемешивание-вытеснение» (рис. 2), математическая модель

которого включает уравнение для потока первичного теплоносителя и уравнение для потока вторичного теплоносителя:

$$\begin{aligned} V_1 c_{1T} \frac{dT_1}{dt} &= v_1 c_{1T} (T_{1H} - T_1) - FK_T \Delta T, \\ s_{2B} c_{2T} \frac{dT_2}{dt} &= -v_2 c_{2T} \frac{dT_2}{dl} + \frac{F}{L} K_T \Delta T, \end{aligned} \quad (2)$$

при этом значение T_1 остается одинаковым в каждой точке объема идеального перемешивания, а T_2 изменяется по длине зоны идеального вытеснения.

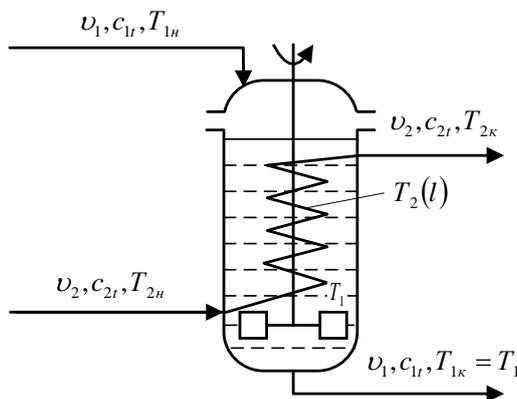


Рисунок 2 – Схематическое изображение теплообменника типа «перемешивание-вытеснение»

3. Теплообменник типа «вытеснение-вытеснение» или так называемый проточный теплообменник (см. рис. 3), для которого математическая модель имеет вид системы двух уравнений:

$$\begin{aligned} s_{1B} c_{1T} \frac{dT_1}{dt} &= -v_1 c_{1T} \frac{dT_1}{dl} - \frac{F}{L} K_T \Delta T, \\ s_{2B} c_{2T} \frac{dT_2}{dt} &= -v_2 c_{2T} \frac{dT_2}{dl} + \frac{F}{L} K_T \Delta T, \end{aligned} \quad (3)$$

где $\Delta T = T_1 - T_2$, при этом T_1 и T_2 изменяются по длине соответствующей зоны идеального вытеснения.

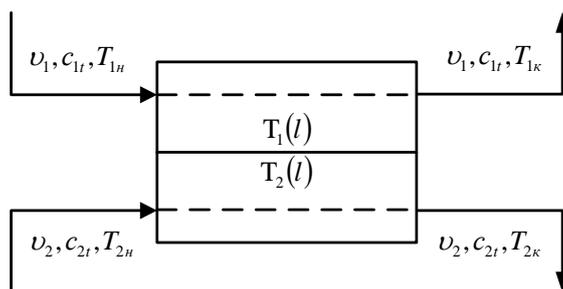


Рисунок 3 – Схематическое изображение теплообменника типа «вытеснение-вытеснение»

Моделирование и исследование динамических характеристик кожухотрубного теплообменника.

Для исследования динамических режимов работы необходимо провести моделирование на компьютере с использованием соответствующего программного обеспечения. В настоящее время для решения инженерных и исследовательских задач получили распространение такие пакеты математических программ как Maple, MathCAD, Mathematica, MATLAB&SIMULINK, Statistika и MAXIMA. Для исследования и анализа объектов

управления, синтеза современных систем управления наиболее подходящим пакетом программ является MATLAB&SIMULINK.

На основании полученных передаточных функций по каналам управления и возмущения составлена структурная схема получения ее решение в пакете Simulink (рис. 4).

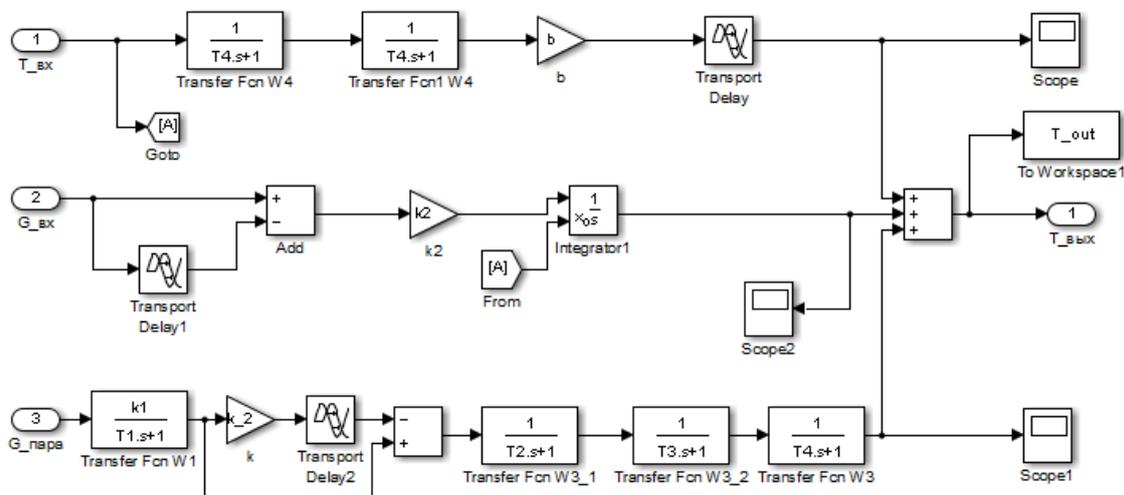


Рисунок 4 – Структурная схема математической модели кожухотрубного теплообменного аппарата в Simulink

Исследуем переходные процессы по следующим каналам:

1. «Входная температура жидкости – выходная температура жидкости». В качестве входного воздействия используем ступенчатый сигнал. На графике (рис. 5) видим, что выходная температура возрастает на 11°C , а затем уменьшается на 19°C соответственно при увеличении и уменьшении входной температуры жидкости.

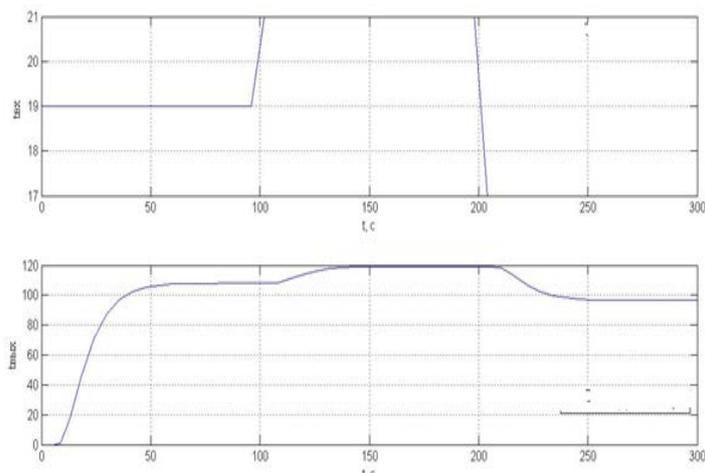


Рисунок 5 – Переходной процесс по каналу температура жидкости на входе – температура жидкости на выходе

2. «Расход жидкости – выходная температура жидкости». Входным воздействием является ступенчатый сигнал, начальное значение которого $600 \text{ м}^3/\text{час}$ (оно же номинальное) затем меняем на $\pm 10\%$, соответственно $660 \text{ м}^3/\text{час}$ и $540 \text{ м}^3/\text{час}$. Из графика (рис. 6) видно, что выходная температура возрастает со 111°C (при $600 \text{ м}^3/\text{час}$) до 122°C (при увеличении до $660 \text{ м}^3/\text{час}$), а затем уменьшается до 102°C (при уменьшении до $540 \text{ м}^3/\text{час}$).

3. «Расход пара – выходная температура жидкости». Входным воздействием является ступенчатый сигнал, начальное значение которого $4500 \text{ м}^3/\text{час}$ затем меняем на $\pm 10\%$, соответственно $4950 \text{ м}^3/\text{час}$ и $4050 \text{ м}^3/\text{час}$.

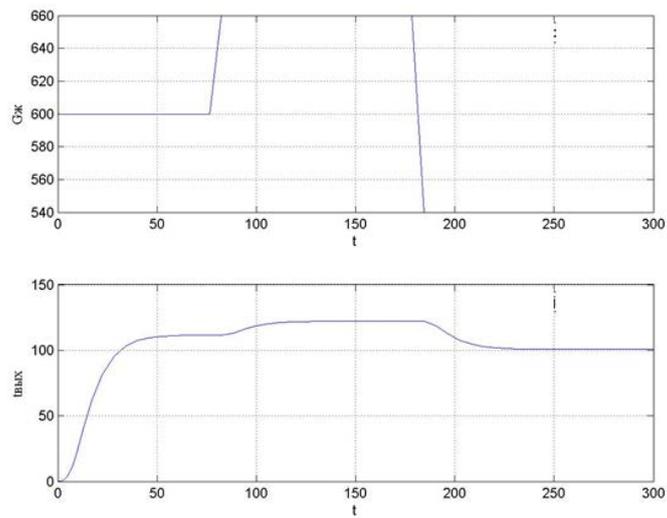


Рисунок 6 – Переходной процесс по каналу расход жидкости на входе – температура жидкости на выходе

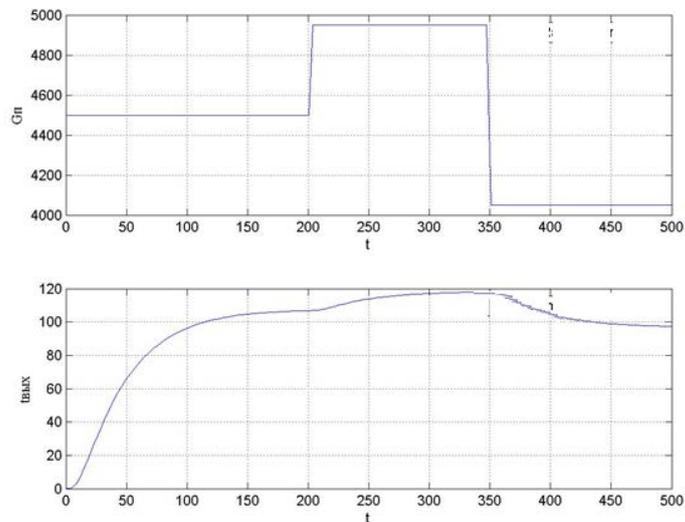


Рисунок 7 – Переходной процесс по каналу расход пара на входе – температура жидкости на выходе

На полученных графиках (рис. 7) видно, что выходная температура возрастает со 106°C (при $4500 \text{ м}^3/\text{час}$) до 118°C (при увеличении расхода до $4950 \text{ м}^3/\text{час}$), а затем уменьшается до 97°C (при уменьшении входного потока до $4050 \text{ м}^3/\text{час}$).

Выводы.

Анализ полученных зависимостей позволяет сделать вывод, что разработанная модель теплообменника полностью отвечает природе процессов, протекающих в кожухотрубном противоточном теплообменном аппарате.

Перечень ссылок

1. Борисов, Г. С. Основные процессы и аппараты химической технологии : пособие по проектированию / Г. С. Борисов. – Москва : Химия, 1991. – 496 с.
2. Чернышев, Н. Н. Математическое описание процесса теплообмена в противоточных теплообменных аппаратах / Н. Н. Чернышев, В. В. Турупалов, А. А. Прядко // Наукові праці Донецького національного технічного університету. – Вип. 21 (183). – Донецьк: ДонНТУ. – 2011. – С. 55-60. – (Серія : «Обчислювальна техніка та автоматизація»).